



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001249282 A**(43) Date of publication of application: **14.09.2001**(51) Int. Cl. **G02B 26/00**

G02B 3/14, G03B 3/04, G03B 13/32, H04N 5/225

(21) Application number: **2000058285**(22) Date of filing: **03.03.2000**(71) Applicant: **CANON INC**(72) Inventor: **TSUBOI TAKAYUKI****ONUKE ICHIRO****NOTO GORO****KAWANAMI EIRISHI**

(54) OPTICAL ELEMENT, OPTICAL SYSTEM AND PHOTOGRAPHING DEVICE WHICH HOUSE OPTICAL ELEMENT OR THE LIKE HAVING VARIABLE POWER STRUCTURE IN LENS ELEMENT

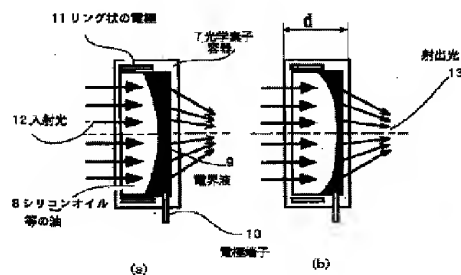
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical element having a structure by which a lens power can be controlled efficiently with a small-sized configuration by using the electro wetting phenomenon and to provide an optical system and a photographing device which house the optical element or the like having a variable power structure in a lens element.

SOLUTION: The optical element has a refractive power and is equipped with conductive or polar first and second liquids whose refractive indices are different substantially, which do not mix each other. The side face of the container of the optical element is inclined at a prescribed angle to the optical axis. These

liquids are sealed in the container in the state where the boundary faces of the first and second liquids form the shape of large round state. The optical refraction power to pass is changed by controlling the output of a voltage to be applied and changing the boundary face shape when applying a voltage between these liquids through an electrode formed at a region not disturbing the passage of light flux.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 2 B 26/00		G 0 2 B 26/00	2 H 0 4 1
	3/14		5 C 0 2 2
G 0 3 B 3/04		H 0 4 N 5/225	D
	13/32	G 0 3 B 3/04	
H 0 4 N 5/225			
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 14 頁)			

(21)出願番号 特願2000-58285(P2000-58285)

(22)出願日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 坪井 孝之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 大貫 一朗

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74)代理人 100105289

弁理士 長尾 達也

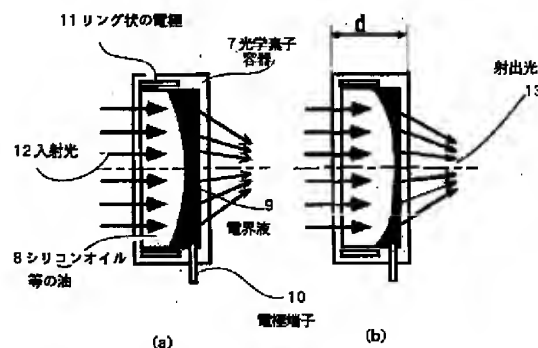
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子、可変パワー構造を有する光学素子等をレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置

(57)【要約】

【課題】エレクトロウエッティング現象を利用して、小型な構成で効率よくレンズパワーを制御することができる構造の光学素子を提供すると共に、可変パワー構造の光学素子等をレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を提供する。

【解決手段】屈折力を持つ光学素子であって、屈折率が実質的に異なり、互いに混合することのない導電性または有極性の第1の液体及び第2の液体を備え、容器の側面を光軸に対して所定角度傾いた構成として、前記第1及び第2の液体の界面が大きなR状をなした状態でこれらの液体を前記容器内に密閉し、前記光束の通過の妨げとならない部位に形成された電極を介してこれらの液体間に電圧を印加するに当たり、印加する電圧の出力を制御して前記界面形状を変化させることにより、通過する光の屈折力を変化させるように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】屈折力を持つ光学素子であって、屈折率が実質的に異なり、互いに混合することのない導電性または有極性の第1の液体及び第2の液体を備え、容器の側面を光軸に対して所定角度傾いた構成として、前記第1及び第2の液体の界面が大きなR状をなした状態でこれらの液体を前記容器内に密閉し、前記光束の通過の妨げとならない部位に形成された電極を介してこれらの液体間に電圧を印加するに当たり、印加する電圧の出力を制御して前記界面形状を変化させることにより、通過する光の屈折力を変化させる構成を有することを特徴とする光学素子。

【請求項2】前記電極が、第1の電極と前記第1の液体から絶縁された第2の電極とからなり、該第1の電極が前記容器の側面側から前記第1の液体に導通するように設けられると共に、前記第2の電極が前記容器の側面側に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする請求項2に記載の光学素子。

【請求項4】前記第2の電極が、前記容器の所定角度傾いた側面に設けられていることを特徴とする請求項2または請求項3に記載の光学素子。

【請求項5】前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする請求項4に記載の光学素子。

【請求項6】前記第1の液体の光軸上の光路長と第2の液体の光軸上の光路長が、前記印加電圧の出力に応じて変化することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項7】前記第1の液体の屈折率が、第2の液体の屈折率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸方向の光路長が前記光軸からの距離に応じて増大することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項8】前記第1の液体の屈折率が、第2の液体の屈折率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸上の光路長が印加電圧の出力に応じて、有限寸法の間を変化することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項9】前記溶液の存在する容器の光学面を曲面としたことを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項10】レンズ素子によって所定の像を結像又は集光させるようにした光学系において、可変パワー素子を前記レンズ素子に内蔵するようにしたことを特徴とする光学系。

【請求項11】レンズ素子によって所定の像を結像又は集光させるようにした光学系において、該光学系の一部を請求項1～9のいずれか1項に記載の光学素子によ

て構成したことを特徴とする光学系。

【請求項12】被写体像を形成する撮影光学系と、該撮影光学系に内蔵された可変パワー光学素子と、前記被写体像を記録する撮像手段とを有する撮影装置において、前記撮影光学系を通過する光の屈折力を変化させる光学素子が請求項1～9のいずれか1項に記載の光学素子によって構成されていることを特徴とする撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学系を通過する光の屈折力を制御する光学素子、いわゆる可変パワーレンズと、該光学素子を用いた撮影装置に関するものであり、特に、小型化を図ることができ、簡単な構成で効率よく光学パワーを制御することができ、可変焦点レンズ、可変フォーカスレンズ等に好適な光学素子、可変パワー機能をレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置の実現を目指すものである。

【0002】

【従来の技術】従来、ステルカメラ、ビデオカメラ等の撮影装置に用いられる撮影光学系においては、焦点調節、あるいは倍率調節等の機能が要求される。これらの機能は、いずれもモーター等のアクチュエータとこれの出力をレンズの一部の光軸方向の移動に変換する変換機構を必要としていた。しかし、この変換機構はメカニカル駆動部が必要で機器が大型化し、あるいは動作させた時に音が発生するという欠点がある。

【0003】このような欠点を解消するため、電気毛管現象（エレクトロウエッチング現象）を用いた可変焦点レンズが、WO99/18456にて開示されている。当技術を用いると、電気エネルギーを直接レンズの形状変化に用いることができるため、レンズを機械的に移動させることなく焦点調節が可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、WO99/18456では、電気毛管現象（エレクトロウエッチング現象）を用い光学パワーを可変とする技術が開示されているが、ここに記載されている第1～5の実施例においては、いずれも透過光路中に透明電極があり、レンズの透過光量が落ちるという欠点があった。また第1～6のすべての実施例において光学素子の光軸方向の厚みが厚いため、コンパクトさが要求される民性用機器には実質的に組み込みにくいという点等に改良の余地があった。

【0005】そこで、本発明は、上記課題を解決し、エレクトロウエッチング現象を利用して、小型な構成で効率よくレンズパワーを制御することができる構造を有する光学素子を提供すると共に、可変パワー構造を有する光学素子等をレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するため、つぎの(1)～(12)のように構成した光学素子、可変パワー構造を有する光学素子等をレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を提供するものである。

(1) 屈折力を持つ光学素子であって、屈折率が実質的に異なり、互いに混合することのない導電性または有極性の第1の液体及び第2の液体を備え、容器の側面を光軸に対して所定角度傾いた構成として、前記第1及び第2の液体の界面が大きなR状をなした状態でこれらの液体を前記容器内に密閉し、前記光束の通過の妨げとならない部位に形成された電極を介してこれらの液体間に電圧を印加するに当たり、印加する電圧の出力を制御して前記界面形状を変化させることにより、通過する光の屈折力を変化させる構成を有することを特徴とする光学素子。

(2) 前記電極が、第1の電極と前記第1の液体から絶縁された第2の電極とからなり、該第1の電極が前記容器の側面側から前記第1の液体に導通するように設けられと共に、前記第2の電極が前記容器の側面側に設けられていることを特徴とする上記(1)に記載の光学素子。

(3) 前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする上記(2)に記載の光学素子。

(4) 前記第2の電極が、前記容器の所定角度傾いた側面に設けられていることを特徴とする上記(2)または上記(3)に記載の光学素子。

(5) 前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする上記(4)に記載の光学素子。

(6) 前記第1の液体の光軸上の光路長と第2の液体の光軸上の光路長が、前記印加電圧の出力に応じて変化することを特徴とする上記(1)～(5)のいずれかに記載の光学素子。

(7) 前記第1の液体の屈折率が、第2の液体の屈折率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸方向の光路長が前記光軸からの距離に応じて増大することを特徴とする上記(1)～(6)のいずれかに記載の光学素子。

(8) 前記第1の液体の屈折率が、第2の液体の屈折率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸上の光路長が印加電圧の出力に応じて、有限寸法の間を変化することを特徴とする上記(1)～(6)のいずれかに記載の光学素子。

(9) 前記溶液の存在する容器の光学面を曲面としたことを特徴とする上記(1)～(8)のいずれかに記載の光学素子。

(10) レンズ素子によって所定の像を結像又は集光させるようにした光学系において、可変パワー素子を前記レンズ素子に内蔵するようにしたことを特徴とする光学

系。

(11) レンズ素子によって所定の像を結像又は集光させるようにした光学系において、該光学系の一部を上記(1)～(9)のいずれかに記載の光学素子によって構成したことを特徴とする光学系。

(12) 被写体像を形成する撮影光学系と、該撮影光学系に内蔵された可変パワー光学素子と、前記被写体像を記録する撮像手段とを有する撮影装置において、前記撮影光学系を通過する光の屈折力を変化させる光学素子が上記(1)～(9)のいずれかに記載の光学素子によって構成されていることを特徴とする撮影装置。

【0007】

【発明の実施の形態】本実施の形態で開示する光学素子あるいは撮影装置は、上記した構成を用いることにより、コンパクトな可変焦点距離装置あるいは自動焦点調節装置等に好適な光学素子をレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を実現することができる。例えば、上記(1)～(12)の構成を用いて、電極を光の通過しない面に設けることにより、印加電圧の出力制御による界面形状の変化によって第1及び第2の液体による光学パワーの変化の制御に際して、光の透過率を向上させ、効率の良い光学素子を構成することが可能となり、液体の光軸方向の厚さを薄くした状態で容器内に密閉することが可能となり、さらなるコンパクト化を図ることができる。

【0008】ところで、上記した構成は、電気毛管現象（エレクトロウエetting現象）を用いて、透過光量を制御できるようにした本出願人による光学素子（特願昭11-169657号）の原理構成に基づき、それを改良したものである。したがって、上記した構成はこの原理構成を前提とするものであるから、その詳細の理解のため、まず、この原理構成を図5以下を用いて説明する。

【0009】図5及び図6は電気毛管現象（エレクトロウエetting現象）を用いて、透過光量を制御できるようにした上記光学素子の原理構成を説明するための図である。図5において、101は上記原理構成を説明するための光学素子の全体構成を示すものであり、102は中央に凹部を設けた透明アクリル製の透明基板である。透明基板102の上面には、酸化インジウムスズ製の透明電極（ITO）103がスパッタリングで形成され、その上面には透明アクリル製の絶縁層104が密着して設けられる。絶縁層104は、前記透明電極103の中央にレプリカ樹脂を滴下し、ガラス板で押しつけて表面を平滑にした後、UV照射を行ない硬化させて形成する。絶縁層104の上面には、遮光性を有した円筒型の容器105が接着固定され、その上面には透明アクリル製のカバー板106が接着固定され、更にその上面には中央部に直径D3の開口を有した絞り板107が配置される。以上の構成において、絶縁層104、容器10

5及び上カバー106で囲まれた所定体積の密閉空間、すなわち液室を有した管体が形成される。そして液室の壁面には、以下に示す表面処理が施される。

【0010】まず絶縁層104の中央上面には、直径D1の範囲内に撥水处理剤が塗布され、撥水膜111が形成される。撥水处理剤は、フッ素化合物等が好適である。また、絶縁層104上面の直径D1より外側の範囲には、親水处理剤が塗布され、親水膜112が形成される。親水剤は、界面活性剤、親水性ポリマー等が好適である。一方、カバー板106の下面には、直径D2の範囲内に親水处理が施され、前記親水膜112と同様の性質を有した親水膜113が形成される。そしてこれまでに説明したすべての構成部材は、光軸123に対して回転対称形状をしている。更に、容器105の一部には孔が設けられ、ここに棒状電極125が挿入され、接着剤で封止されて前記液室の密閉性を維持している。そして透明電極103と棒状電極125には給電手段126が接続され、スイッチ127の操作で両電極間に所定の電圧が印加可能になっている。

【0011】以上の構成の液室には、以下に示す2種類の液体が充填される。まず絶縁層104上の撥水膜111の上には、第2の液体122が所定量だけ滴下される。第2の液体122は無色透明で、比重1.06、室温での屈折率1.49のシリコンオイルが用いられる。一方液室内の残りの空間には、第1の液体121が充填される。第1の液体121は、水とエチルアルコールが所定比率で混合され、更に所定量の食塩が加えられた、比重1.06、室温での屈折率1.38の電解液である。すなわち、第1及び第2の液体は、比重が等しく、かつ互いに不溶の液体が選定される。そこで両液体は界面124を形成し、混じりあわずに各々が独立して存在する。

【0012】次に前記界面の形状について説明する。まず、第1の液体に電圧が印加されていない場合、界面124の形状は、両液体間の界面張力、第1の液体と絶縁層104上の撥水膜111あるいは親水膜112との界面張力、第2の液体と絶縁層104上の撥水膜111あるいは親水膜112との界面張力、及び第2の液体の体積で決まる。当実施例においては、第2の液体122の材料であるシリコンオイルと、撥水膜111との界面張力が相対的に小さくなるように材料選定されている。すなわち両材料間の濡れ性が高いため、第2の液体122が形成するレンズ状液滴の外縁は広がる性向を持ち、外縁が撥水膜111の塗布領域に一致したところで安定する。すなわち第2の液体が形成するレンズ底面の直径A1は、撥水膜111の直径D1に等しい。一方両液体の比重は前述のごとく等しいため、重力は作用しない。そこで界面124は球面になり、その曲率半径及び高さh1は第2の液体122の体積により決まる。また、第1の液体の光軸上の厚さはt1になる。

【0013】一方、スイッチ127が閉操作され、第1の液体121に電圧が印加されると、電気毛管現象によって第1の液体121と親水膜112との界面張力が減少し、第1の液体が親水膜112と疎水膜122の境界を乗り越えて疎水膜122内に侵入する。その結果、図6のごとく、第2の液体が作るレンズの底面の直径はA1からA2に減少し、高さはh1からh2に増加する。また、第1の液体の光軸上の厚さはt2になる。このように第1の液体121への電圧印加によって、2種類の液体の界面張力の釣り合いが変化し、両液体間の界面の形状が変わる。

【0014】よって、給電手段126の電圧制御によって界面123の形状を自在に変えられる光学素子が実現できる。また、第1及び第2の液体が異なっている屈折率を有しているため、光学レンズとしてのパワーが付与される事になるから、光学素子101は界面123の形状変化によって可変焦点レンズとなる。

【0015】さらには、図5に比べて図6の界面124の方が曲率半径が短くなるので、図6の状態の光学素子101の方が図5の状態に比べて光学素子101の焦点距離は短くなる。

【0016】図7は、本発明の給電手段126の出力電圧と光学素子101の変形との関係を説明する図である。同図(a)において、時刻 t_0 に光学素子101に対して電圧値 V_0 の電圧を印加すると、時定数 t_{11} で光学素子101の界面124の変形が始まる(図7

(b))参照)。このまま電圧印加を続けていても、界面124が所望の変化量 δ_0 に達する迄にはかなり長い時間が必要となる。そこで、光学系としては誤差として許容できる変形量、例えば図7(b)においては所望の界面変化量 δ_0 の95%($0.95\delta_0$ と表記)まで界面124が変形した時(時刻 t_{12})に所望の変形量に達したと見なす。この変形量に達しなければ、光学素子101の次の制御は進まない設定となっている。なおこの許容できる変形量は、光学素子101が組込まれる光学系に基いて決定されるものである。

【0017】図8及び図9は上記原理構成における光学素子及び後述する本発明の実施例1の可変焦点レンズに係わる給電手段の説明図であって、図8はこれらに好適な駆動回路を示した図であり、図9はこれらに対する駆動電圧を示した図である。この図8及び図9を用いて上記給電手段の構成と作成方法を説明する。130は後述する光学装置150全体の動作を制御する中央演算処理装置(以下CPUと略す)で、ROM、RAM、EEPROM、A/D変換機能、D/A変換機能、PWM(Pulse Width Modulation)機能を有する1チップマイコンである。131は光学素子101へ電圧を印加するための給電手段であり、以下その構成を説明する。

【0018】132は光学装置151に組込まれている

乾電池等の直流電源、133は電源132から出力された電圧をCPU130の制御信号に応じて所望の電圧値へと昇圧するDC/DCコンバータ、134及び135はCPU130の制御信号、例えばPWM機能を実現される周波数/デューティ比可変信号に応じて、その信号レベルをDC/DCコンバータ133で昇圧された電圧レベルにまで増幅する増幅器である。また、増幅器134は光学素子101の透明電極103に、増幅器135は光学素子101の棒状電極125にそれぞれ接続している。つまり、CPU130の制御信号に応じて、電源132の出力電圧がDC/DCコンバータ133、増幅器134、増幅器135によって所望の電圧値、周波数、及びデューティで光学素子101に印加されるようになる。

【0019】図9は、上記増幅器134及び135から出力される電圧波形を説明する図である。なお、DC/DCコンバータ133から増幅器134及び135へそれぞれ100Vの電圧が出力されたものとして以下説明を行う。図9の(a)にも示したように、増幅器134及び135はそれぞれ光学素子101に接続している。増幅器134からは、図9(b)に示すようにCPU130の制御信号により所望の周波数、デューティ比で矩形波の電圧が出力される。一方増幅器135からは、図9(c)に示したようにCPU130の制御信号により、増幅器134とは逆位相で、同一周波数、同一デューティ比の矩形波の電圧が出力される。これにより、光学素子101の透明電極103及び棒状電極125間に印加される電圧は図9(d)に示すように±100Vの矩形波の電圧、つまり交流電圧となる。

【0020】よって、給電手段131によって光学素子101には交流電圧が印加されることになる。ところで、光学素子101に印加される電圧の印加開始からの実効値は図9(e)の様に表す事が出来るので、以後、光学素子101に印加する交流電圧の波形を図9(e)にならって表す事とする。なお、上記説明中、増幅器134及び135から矩形波の電圧が出力されるものとして説明したが、正弦波でも同様の構成となる事は言うまでもない。また、上記説明中、光学装置150に電源132が組込まれた場合について説明を行ったが、外付けの電源や給電手段によって光学素子101に交流印加される場合でも良い。

【0021】図10は、光学素子101を光学装置に応用したものである。当実施例では、光学装置150は静止画像を撮影手段で電気信号に光電変換し、これをデジタルデータとして記録する、いわゆるデジタルスチルカメラを例として説明する。140は複数のレンズ群からなる撮影光学系で、第1レンズ群141、第2レンズ群142、及び光学素子101で構成される。第1レンズ群141の光軸方向の進退で、焦点調節がなされる。光学素子101のパワー変化でズームングがなされる。第

2レンズ群142は移動しないリレーレンズ群である。そして、第1レンズ群141と第2レンズ群142の間に光学素子101が配置され、第1レンズ群141と光学素子101の間には、公知の技術によって絞り開口径が調整して撮影光束の光量を調整する絞りユニット143が配置されている。また撮影光学系140の焦点位置(予定結像面)には、撮像手段144が配置される。これは照射された光エネルギーを電荷に変換する複数の光電変換部、該電荷を蓄える電荷蓄積部、及び該電荷を転送し、外部に送出する電荷転送部からなる2次元CCD等の光電変換手段が用いられる。

【0022】145は画像信号処理回路で、撮像手段144から入力したアナログの画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、γ補正、エッジ強調等の画像処理を施す。146は光学装置150の環境温度(気温)を測定する温度センサーである。147はCPU130の内部に設けられたタイマで、CPU130によって設定された時間をカウントするためのものである。

【0023】151は液晶ディスプレイ等の表示器で、撮像手段144で取得した被写体像や、可変焦点レンズを有する光学装置の動作状況を表示する。152はCPU130をスリープ状態からプログラム実行状態に起動するメインスイッチ、153はズームスイッチで、撮影者のズームスイッチ操作に応じて後述する変倍動作を行ない、撮影光学系140の焦点距離を変える。154は上記スイッチ以外の操作スイッチ群で、撮影準備スイッチ、撮影開始スイッチ、シャッター秒時等を設定する撮影条件設定スイッチ等で構成される。155は焦点検出手段で、一眼レフカメラに用いられる位相差検出式焦点検出手段等が好適である。156はフォーカス駆動手段で、第1レンズ群141を光軸方向に進退させるアクチュエータとドライブ回路を含み、前記焦点検出手段155で演算したフォーカス信号に基づいてフォーカス動作を行ない、撮影光学系140の焦点状態を調節する。157はメモリ手段で、撮影された画像信号を記録する。具体的には、着脱可能なPCカード型のフラッシュメモリ等が好適である。

【0024】図11は、図10に示した光学装置150が有するCPU130の制御フロー図である。以下、図10及び図11を用いて光学装置150の制御フローを説明する。ステップS101において、メインスイッチ152がオン操作されたかどうかを判別し、オン操作されていない時は、そのまま各種スイッチの操作を待つ待機モードの状態である。ステップS101においてメインスイッチ152がオン操作されたと判定されたら、待機モードを解除し、次のステップS102以降へと進む。ステップS102では、温度センサー146によって光学装置150が置かれている環境温度、つまり光学装置150の周囲の気温を測定する。ステップS103

では、撮影者による撮影条件の設定を受付ける。例えば、露出制御モードの設定（シャッター優先AE、プログラムAE等）や面質モード（記録面素数の大小、画像圧縮率の大小等）、ストロボモード（強制発光、発光禁止等）等の設定を行う。ステップS104では、撮影者によってズームスイッチ153が操作されたか否かを判別する。オン操作されていない場合はステップS105に進む。ここでズームスイッチ153が操作された場合は、ステップS121に移行する。

【0025】ステップS121ではタイマ147がカウント中かどうかの判別を行う。カウントしていなければステップS123へ移行し、カウント中である場合は、そのカウンタ値をリセットした後（S122）、ステップS123へと移行する。

【0026】ステップS123では、ズームスイッチ153の操作量（操作方向やオン時間等）を検出し、その操作量に基いて対応する焦点距離変化量を演算する（S124）。その演算結果によって、光学素子101への最終印加電圧値 V_0 を決定し（S125）、温度による最終電圧値の補正及び電圧印加波形の決定を行う「温度補正」のサブルーチンに進む（図12参照、詳細は後述）。この「温度補正」のサブルーチンで決定した光学素子101に印加する最終電圧値及び印加波形パターンで給電手段131の制御を行い、光学素子101に電圧を印加する（S127）。それと同時にタイマ147のカウントを開始する（S128）。そしてステップS103へ戻る。つまり、ズームスイッチ153が操作されている場合は、ステップS103からステップS128を繰り返し実行し、ズームスイッチ153のオン操作が終了した時点でステップS105へと移行する。

【0027】ステップS105では、撮影者によって操作スイッチ群154のうち、撮影準備スイッチ（図11のフローチャートではSW1と表記）のオン操作が行われたか否かを判別する。オン操作されていない場合はステップS103に戻り、撮影条件設定の受付や、ズームスイッチ153の操作の判別を繰り返す。ステップS105で撮影準備スイッチがオン操作されたと判定されたら、ステップS111へ移行する。

【0028】ステップS111では、撮像手段144及び信号処理回路145を駆動して、プレビュー画像を取得する。プレビュー画像とは、最終記録用画像の撮影条件を適切に設定するため、及び撮影者に撮影構図を把握させるために撮影前に取得する画像の事である。ステップS112では、ステップS111で取得したプレビュー画像の受光レベルを認識する。具体的には、撮像手段144が出力する画像信号において、最高、最低及び平均の出力信号レベルを演算し、撮像手段144に入射する光量を認識する。ステップS113では、前記ステップS112で認識した受光量に基いて、撮影光学系140内に設けられた絞りユニット143を駆動して適正光量

になるように絞りユニット143の開口径を調整する。ステップS114では、ステップS111で取得したプレビュー画像を表示器151に表示する。続いてステップS115では、焦点検出手段154を用いて撮影光学系140の焦点状態を検出する。続いてステップS116では、フォーカス駆動手段155により、第1レンズ群141を光軸方向に進退させて合焦動作を行なう。その後、ステップS117に進み、撮影スイッチ（フロー図11では、SW2と表記）のオン操作がなされたか否かを判別する。オン操作されていない時はステップS111に戻り、プレビュー画像の取得からフォーカス駆動までのステップを繰り返し実行する。

【0029】以上のごとく、撮影準備動作を繰り返し実行している最中に、撮影者が撮影スイッチをオン操作すると、タイマ147のカウントが完了しているかどうかの判別を行う（S118）。カウントが完了していない場合はそのまま判別を続行し、タイマ147のカウントが完了した時点でステップS118からステップS131にジャンプし、タイマ147のカウント値をリセットした後（S131）、ステップS132へと移行する。

【0030】ステップS132では撮像を行なう。すなわち撮像手段144上に結像した被写体像を光電変換し、光学像の強度に比例した電荷が各受光部近傍の電荷蓄積部に蓄積される。ステップS133では、ステップS132で蓄積された電荷を電荷転送ラインを介して読み出し、読み出しされたアナログ信号を信号処理回路145に入力させる。ステップS134では、信号処理回路145において、入力したアナログ画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、 γ 補正、エッジ強調等の画像処理を施し、さらに必要に応じてCPU130内に記憶された画像圧縮プログラムでJPEG圧縮等を施す。ステップS135では、上記ステップS134で得られた画像信号をメモリ157に記録すると同時に、ステップS136にて一旦プレビュー画像を消去した後に、ステップS134で得られた画像信号を表示器151に改めて表示する。その後、給電手段131を制御して光学素子101への電圧印加をオフして（S137）、一連の撮影動作が終了する。

【0031】ステップS151では温度センサー146で測定した気温が15℃以上かどうかの判別を行う。気温が15℃以下の場合は、図9の（a）に示した電圧印加波形Aを選択する（S152）。これは先述したように、低温時には光学素子101中の液体121及び122の粘性が高くなる事によって界面が変形を完了するまでの時間が長くなっていたのに対し、電源投入後の立上がり時に所定の最終電圧基準値 V_0 よりも高い電圧を印加することによって起動時の界面の変形量を多くする事で界面の変形完了時間の短縮化を図っている。これは、光学素子101に印加する第1の電圧、すなわち、最終電圧基準値 V_0 を印加する前の所定時間（以下、プリ印

加時間と呼ぶ)は最終電圧基準値 V_0 よりも高い第2の電圧、すなわち、プリ電圧値 V_1 を光学素子101に印加し、プリ印加時間経過後は最終電圧基準値 V_0 を光学素子101に印加する波形パターンである。測定気温が 10°C 以上 15°C 未満の場合は(S153)、プリ印加時間を 0ms に設定し(S154)、プリ電圧値 V_1 を演算するS180へと進む。

【0032】測定気温が 5°C 以上 10°C 未満の場合は(S155)、プリ印加時間を 10ms に設定し(S1

$$\text{プリ電圧値 } V_1 = (\text{補正定数 } 1) \times (\text{基準温度} - \text{測定温度}) \cdots (1-1) \text{ 式}$$

つまり基準温度、 15°C との温度差に(補正定数1)を掛けた値がプリ電圧値 V_1 となる。

【0033】プリ電圧値 V_1 が求まった後、ステップS181に進んで、最終電圧基準値 V_0 の補正量を計算す

$$\text{補正最終電圧値 } V_0' = (\text{最終電圧基準値 } V_0) + (\text{補正定数 } 2) \times (\text{基準温度} - \text{測定温度}) \cdots (1-2) \text{ 式}$$

つまり、ステップS125で求まった最終電圧基準値 V_0 に、基準温度 15°C との温度差に(補正定数2)を掛けた値を加えたものが補正最終電圧値 V_0' となる。以上の制御を行う事で、印加電圧波形は温度に応じて図9(a)に示した様にきめ細かく変更され、その結果、界面の応答波形は同図(c)のごとく温度によらずほぼ一定となり、時刻 t_{32} でほぼ変形が完了する。そこで変形完了の目安となるタイマ147の待ち時間を t_{32} より若干長い T_A とし、これを予めCPU130のメモリ内に記憶しておく。そして、図7のステップS118でこの T_A をタイマ完了の判断値とする事により、界面が静定してからステップS131以降のフローの実行が許可される。

【0034】一方、ステップS151にて測定温度が 15°C 以上の場合は、図9(b)に示した電圧印加波形Bを選択する(S170)。これは、先述したように高温時には光学素子101中の液体121及び122の粘性が低くなる事によって界面が変形を完了するまでに振動現象が起こってしまう事に対し、電源投入後の立上がり時に徐々に所定の最終電圧基準値 V_0 まで電圧を印加することによって起動時の界面の振動現象の抑制を図っている。つまり、光学素子101に印加する最終電圧基準値 V_0 を印加する前の所定時間(これもプリ印加時間と呼ぶ)は徐々に最終電圧基準値 V_0 になるように電圧制御を行う波形パターンである。

【0035】測定気温が 15°C 以上 20°C 未満の場合は(S171)、プリ印加時間を 10ms に設定し(S172)、補正最終電圧値 V_0' を演算すると共に、最終電圧印加時間を求めるステップS181へと進む。測定気温が 20°C 以上 30°C 未満の場合は(S173)、プリ印加時間を 20ms に設定し(S174)、補正最終電圧値 V_0' を演算すると共に、最終電圧印加時間を求めるステップS181へと進む。測定気温が 30°C 以上の場合は(S173)、プリ印加時間を 30ms に設定

56)、プリ電圧値 V_1 を演算するS180へと進む。

測定気温が 0°C 以上 5°C 未満の場合は(S160)、プリ印加時間を 20ms に設定し(S156)、プリ電圧値 V_1 を演算するS180へと進む。測定気温が 0°C 未満の場合は(S160)、プリ印加時間を 30ms に設定し(S156)、プリ電圧値 V_1 を演算するS180へと進む。ステップS180で演算するプリ電圧値 V_1 は例えば以下のような式で求まる。

ると共に、最終電圧印加時間を求める。最終電圧基準値 V_0 はステップS125で求まっているが、これにも例えば以下のような式で表される補正を行う。

し(S175)、補正最終電圧値 V_0' を演算すると共に、最終電圧印加時間を求めるステップS181へと進む。

【0036】以上の制御を行う事で、印加電圧波形は温度に応じて図9(b)に示した様にきめ細かく変更され、その結果、界面の応答波形は同図(d)のごとく温度によらずほぼ一定となり、時刻 t_{42} でほぼ変形が完了する。そこで変形完了の目安となるタイマ147の待ち時間を、 t_{42} より若干長い T_B とし、これを予めCPU130のメモリ内に記憶しておく。そして、図7のステップS118でこの T_B をタイマ完了の判断値とする事により、界面が静定してからステップS131以降のフローの実行が許可される。

【0037】以上により、温度に応じた最終印加電圧値や電圧印加波形パターンが決定するので(S182)、ステップS127に戻る。また温度に応じて最終印加電圧値や電圧印加波形パターンを制御することによって、各温度毎に最適な駆動制御を行う事が可能となる。

【0038】上記実施例1によれば、

(1) 温度に応じて光学素子への最終印加電圧値や電圧印加波形パターンを制御することによって、光学素子の変形完了時間の短縮可能な光学装置を得ることが出来ること。

(2) 実際に光学素子を駆動させる時間を短くする事が出来たので、光学装置の消費電力を低減する事が出来ること。

(3) 光学素子の変形が静定するまで露光を禁止しているので、光学装置の撮影動作に影響を与える事が解消されること。等が達成される。

【0039】なお、本実施例では電圧印加波形パターンの切り替える基準温度を 15°C としていたり、プリ印加時間を各温度毎に設定しているが、光学素子の構成やその液体の種類・組合せ等によって基準温度やプリ印加時間を設定すれば同様な効果が得られる。また、光学素子

への電圧印加を２段階にしているが、それ以上の多段階にしても同様な効果が得られる。さらには、温度毎の最終印加電圧値やプリ印加電圧値の補正量を演算で求めているが、例えば図１０に示したように、所望の焦点距離の温度によって決まるテーブルをCPUに記憶しておき、それを各補正量として使用しても本実施例と同様な効果が得られる。なお、本実施例では光学装置の一例としてデジタルスチルカメラを取り挙げたが、それ以外のビデオカメラや銀塩カメラ等にも効果を損なわずに適用できる事は言うまでもない。

【００４０】

【実施例】以下に、本発明の実施例について説明する。

〔実施例１〕本発明の実施例１の光学系に用いられる光学素子の構成の原理を図１を用いて説明する。図１において、７は前述した原理図において説明したと同様の、以下の液体を封止した容器で絶縁体でできており、図中左右方向（光の入射出方向）は透明に出来ている。８は容器７に封止された第２の液体でここでは透明なシリコンオイルで構成されている。９は容器７に封止された第２の液体よりも屈折率の低い透明な第１の液体で食塩を溶した水の様な電解液で構成されている。１０は電解液９に外部から電位をかける為の電極で不図示のコントロール回路に連結されており前述したようなプラス、マイナス２００Ｖ程度の交流電界がかけられる。

【００４１】１１は絶縁体の中に埋め込まれたリング状の第２の電極で同じく不図示のコントロール回路に連結されており 前述したようなプラス、マイナス２００Ｖ程度の交流電界が前述の電極１０とは逆極性の位相でかけられる。１２は光束で図１（ａ）の状態では 第２の液体８から第１の液体９に入射するときに屈折率の違いにより界面で屈折し集光するようになっているが、交流電界をかけた（ｂ）の状態では電界液である第１の液体９がシリコンオイル等の第１の液体８をリング状の電極１１の付近で押しのけることにより、両液体の界面がさらに凸状を増大させ、射出光１３の集光性を上げている。すなわち、図１の光学素子が焦点距離の短いレンズと変化している。

【００４２】上記構成において、前述したように図１

（ａ）の非通電状態からカメラの焦点調節あるいは倍率変更を行う為に不図示のコントロール回路が電極１０、及び１１に交流通電を始めると図１（ｂ）の様により短い焦点距離となる。これは電極１０、１１にかかる電圧に関係するから任意の焦点距離を設定できる。

【００４３】本実施例では、以上の光学素子を用い、焦点調節や倍率変更を行い、例えば図１０に示されるようにレンズ１０１を構成し、小型化および高性能化を達成することが可能な光学系を構成することができる。

【００４４】図２（ｂ）（ｃ）に、本発明の実施例１における光学素子の構成を示す。前記図１に示した原理図及び図２（ａ）に再示したものよりも、更に液体の光軸

方向の厚さを薄くした状態で容器内に密閉することを可能とし、さらなるコンパクト化を図ることができるようにしたものである。

【００４５】図２（ａ）は図１と同様の原理構成による図であるがこの時、容器の側面と第１の液と第２の液の２液の交点である点Ｐに着目すると、この２液の境界面の接線φ方向に界面の状態が生成され、この状態から電極１０、１１に通電する事でこの界面の状態、φが増加する方向に変化する（ここでθがいわゆる接触角でφ＝９０°－θの関係がある。）。

【００４６】上記したユニットの厚みｄに着目すると前記φが０に近づくような構成にすれば本実施例のユニットの厚みｄはさらに小さく（薄く）構成できることがわかる。このようなことから、容器の側面を角度φだけ傾けて７ｂの様構成することにより、図２（ｂ）に示すように厚みの薄いユニットを形成することができる。ここで、図２の点Ｐ部を拡大した図を図３に示す。図３においてｔは水溶液側の厚みを示し、 $t=0.1$ から 0.5mm が、遮光性とユニットのコンパクトさを両立した好適な条件となる。また、φは図２（ａ）で示したような２つの溶液と容器の側面で決まる接触角に合わせた角度で２液の界面が図のごとく大きなＲ状になるよう構成され、リング状の電極１１は容器側面より更にごくわずかの角度であるδ分だけ傾いて且つ限りなく容器の内側に近いように、例えば $10\sim 30\mu$ 程度に構成されている。また、図中破線で示される容器内面にはあらかじめ公知の撥水処理がなされ、水溶液９をはじくように構成されている。

【００４７】以上の様な構成で前述の図８に示した増幅器１３４、１３５からの通電により、図２（ｃ）の様に２液の界面が変形し、図中入射からの光を屈折させて射出側に通過させる焦点調節装置の役割を果たす。この時の凸状の大きさ、すなわちレンズの焦点距離又はレンズパワーは、前述の増幅器１３４、１３５からの電圧に略比例することは既に前例で述べた。

【００４８】〔実施例２〕図４は、本発明の実施例２の可変焦点レンズの構成を示すものであり、実施例１の基本構成を用いて形成された可変焦点レンズを、レンズ素子の中に内蔵させたものである。図４（ａ）には非通電状態で可変焦点レンズを透過する光に２液の界面があまり影響を生じさせない状態、図４（ｂ）は前記図４

（ａ）から前述のごとく電界をかけて２液の界面を変化させ、図４のレンズの焦点距離を変化させた状態を示す。

【００４９】図４（ｂ）の状態では 前述の例と同じ電圧をかけない（ａ）の状態に比べ屈折率の高い第２液体８と屈折率の低い第１液体９との界面のＲが小さくなっており、図のレンズ全体としての焦点距離がより短く、すなわちパワーが強く変化していて、焦点調節機能を果たしている。

【0050】本実施例においては、前述した実施例1に比べ可変焦点構造をレンズの機能の中に内蔵したことにより、トータルで更にコンパクトなユニットを実現することができる。

【0051】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、エレクトロウエッチング現象を利用して、簡単な構成で効率よくレンズ系の焦点調節あるいは変倍を制御することができると共に、さらに、レンズ素子に内蔵する小型光学系および撮影装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の光学系に用いる光学素子の構成原理を示す図である。

【図2】本発明の実施例1における光学素子の構成を示す図である。

【図3】図2の点P部を拡大した構成を示す図である。

【図4】本発明の実施例2における可変焦点レンズの構成を示す図である。

【図5】電気毛管現象（エレクトロウエッチング現象）を用いて、可変焦点レンズを制御できるようにした光学素子の原理構成を説明するための図である。

【図6】電気毛管現象（エレクトロウエッチング現象）を用いて、可変焦点レンズを制御できるようにした光学素子の原理構成を説明するための図である。

【図7】図6の光学素子又は本実施例のレンズに電圧を印加した際における給電手段の出力電圧と光学素子の変形との関係を説明する図である。

【図8】上記原理構成の光学素子及び本発明の実施例における可変焦点レンズに好適な駆動回路を示した図である。

【図9】上記原理構成の光学素子及び本発明の実施例における可変焦点レンズに対する駆動電圧を示した図である。

【図10】上記原理構成の光学素子及び本発明の実施例における可変焦点レンズを光学装置に応用した時のシステム図である。

【図11】上記光学装置に応用した時のフローチャート図である。

【図12】上記光学装置に応用した時のフローチャート図である。

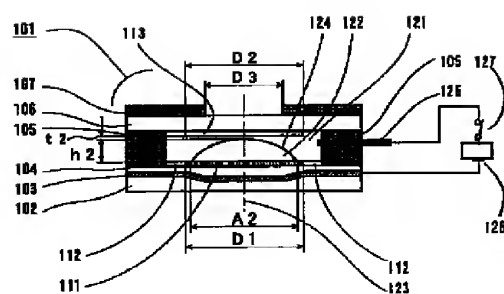
【図13】本発明の可変焦点レンズの温度補正の動作を示す図である。

【図14】上記図13における温度補正した際のマイコン内のテーブルを示す図である。

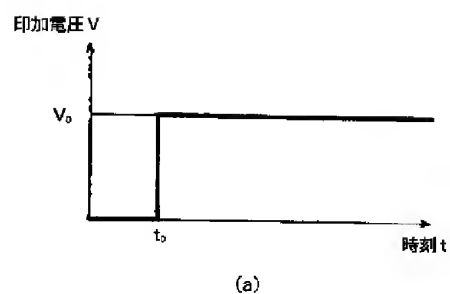
【符号の説明】

7・・・光学素子容器
8・・・シリコンオイル等の油
9・・・カーボン粒子を混ぜた水溶液（電解液）
10・・・電極端子
11・・・リング状の電極
12・・・入射光
13・・・射出光
101・・・光学素子
102・・・透明基板
103・・・透明電極
104・・・絶縁層
105・・・容器
106・・・上カバー
107・・・絞り板
111・・・撥水膜
112・・・親水膜
113・・・親水膜
121、421・・・第1の液体
122、422・・・第2の液体
123・・・光軸
124・・・界面
125・・・棒状電極
126・・・給電手段
130・・・CPU
131・・・給電手段
132・・・電源
134、135・・・増幅器
140・・・撮影光学系
141・・・第1レンズ群
142・・・第2レンズ群
143・・・絞りユニット
144・・・撮像手段
145・・・画像信号処理回路
146・・・温度センサー
147・・・タイマ
150・・・光学装置
151・・・表示器
152・・・メインスイッチ
153・・・ズームスイッチ
154・・・操作スイッチ群
155・・・焦点検出手段
156・・・フォーカス駆動手段
157・・・メモリ手段

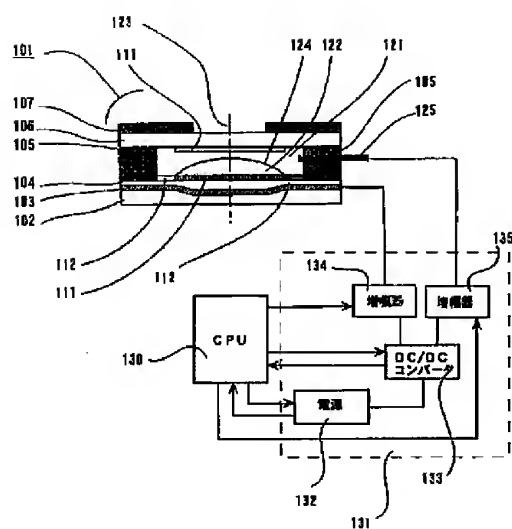
【図 6】



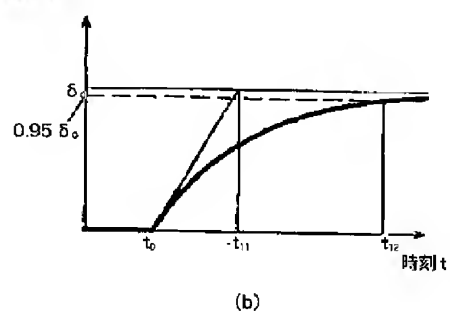
【図 7】



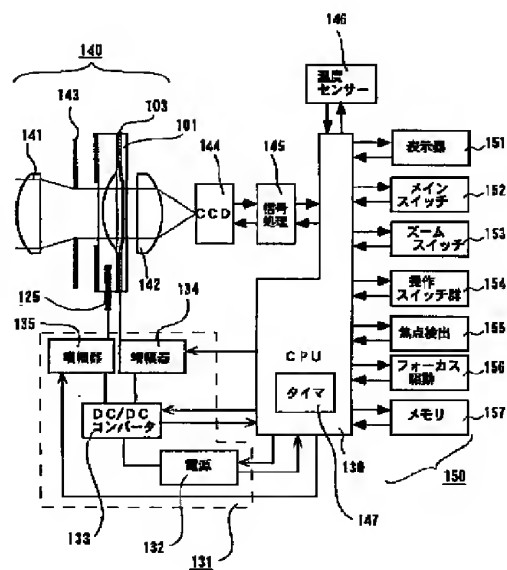
【図 8】



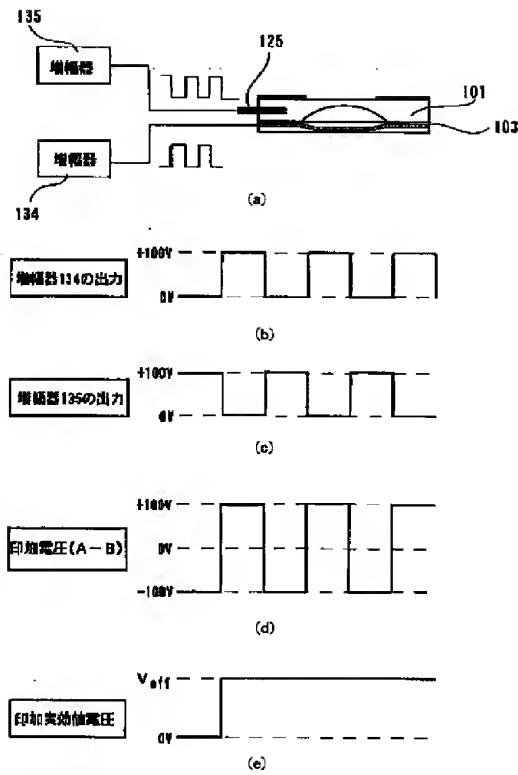
界面変形量 δ



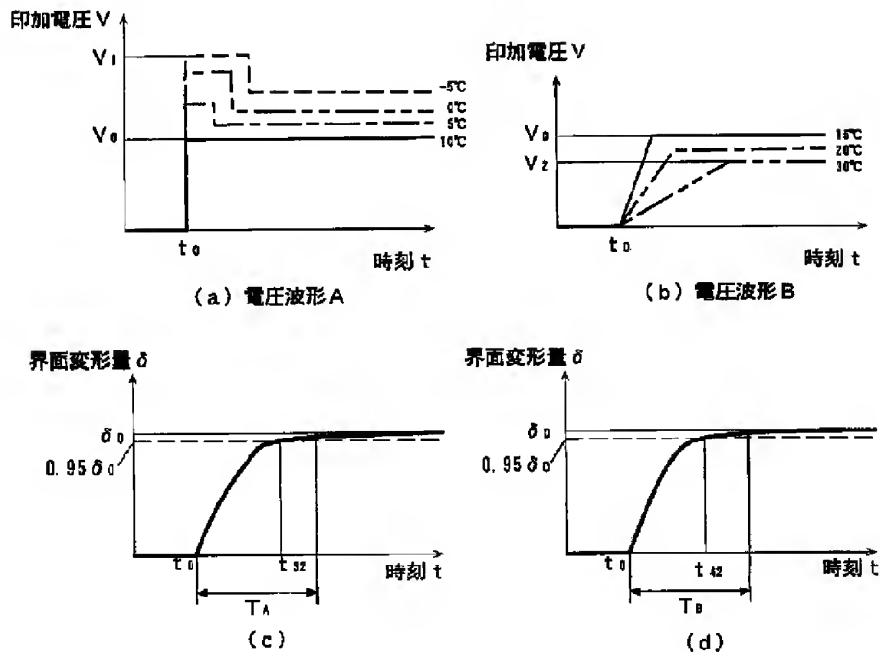
【図 10】



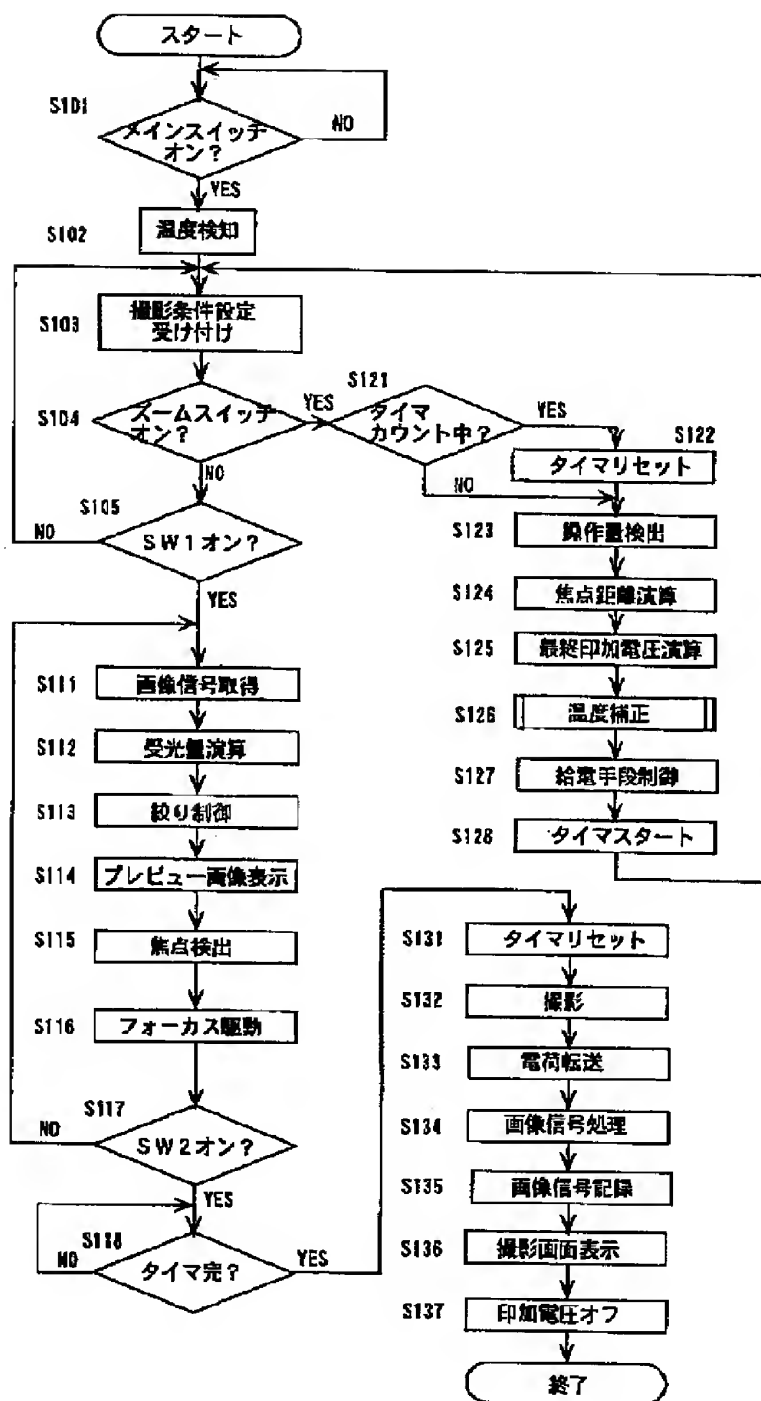
【図9】



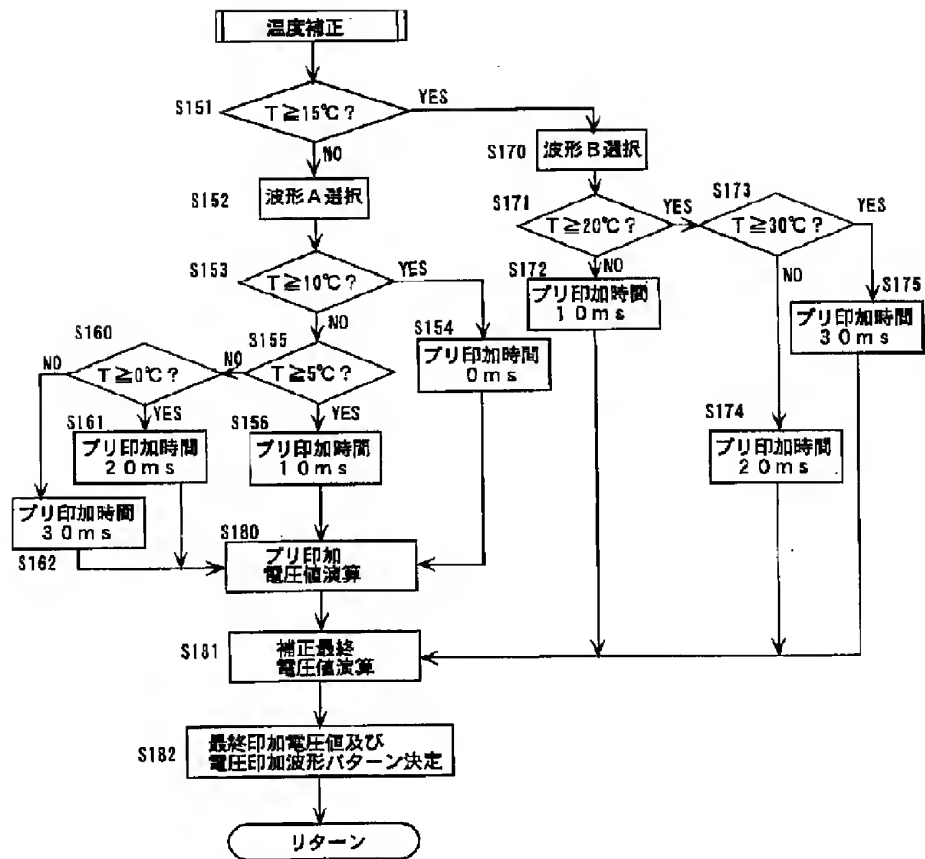
【図13】



【図11】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72) 発明者 能登 悟郎
東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 川浪 英利子
東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

F ターム(参考) 2H041 AA02 AB32 AC06 AZ06
5C022 AB21 AB66 AC01 AC51 AC54
AC69 AC74 AC78